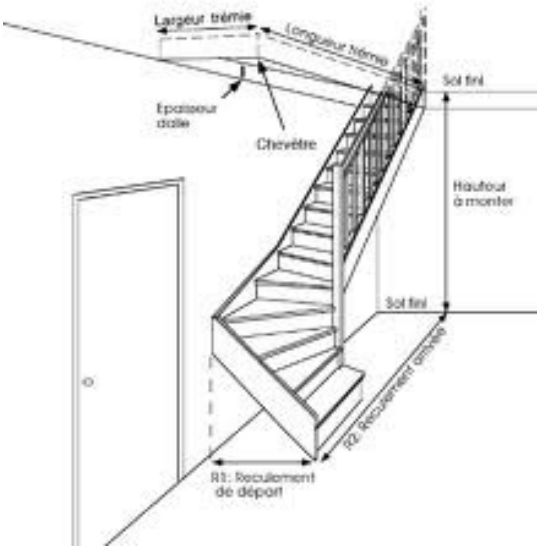
SEQUENCE 20

ESCALIERS DROITS ET BALANCÉS

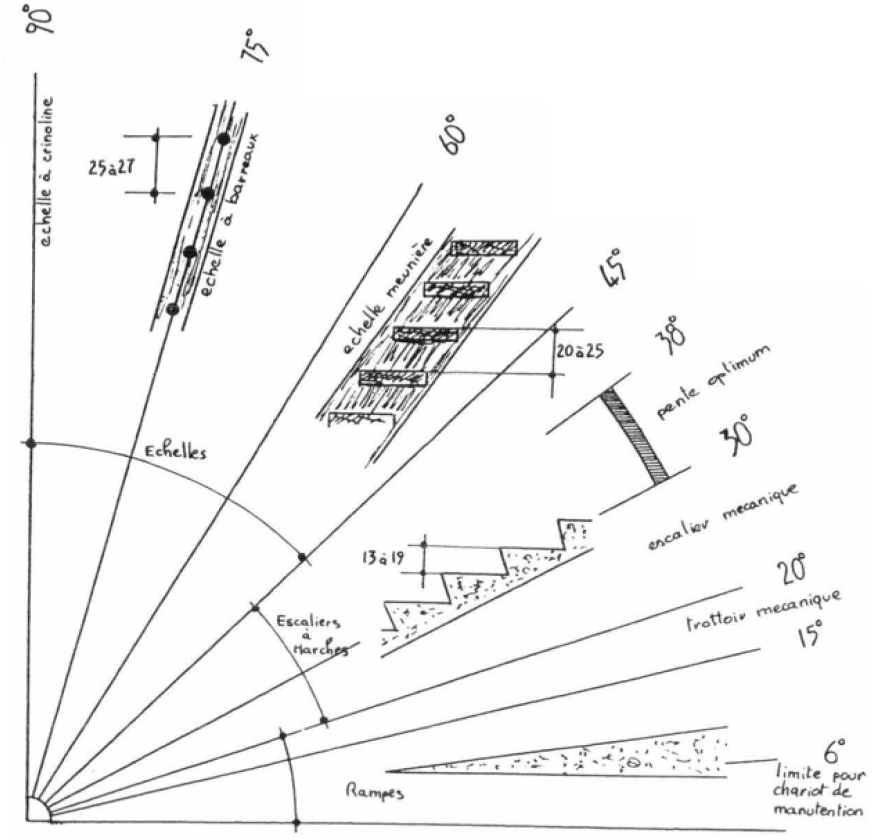


Compétences abordées dans ce cours

BLOC 1 Préparation de la fabrication et de la mise en œuvre sur chantier	Abordée dans le support
Identifier, décoder et interpréter les données de définition d'un ouvrage ou d'un élément	X
Analyser les contraintes de réalisation et d'une situation de chantier	X
Proposer et justifier des solutions techniques de réalisation	X
Traduire graphiquement une solution technique	X
Etablir et optimiser les quantitatifs	
Compléter des processus de réalisation	X
BLOC 2 Fabrication d'un ouvrage	
Organiser et sécuriser l'espace de travail	
Contrôler et préparer les matériaux, les produits et les composants	X
Rechercher les caractéristiques géométriques et dimensionnelles	X
Réaliser des opérations de taille et d'usinage	
Effectuer les opérations d'assemblage et de finition	
Préparer l'approvisionnement du chantier	
Effectuer les opérations d'entretien courant	
BLOC 3 Mise en œuvre d'un ouvrage sur chantier	
Relever les caractéristiques d'un ouvrage et/ou d'une situation de chantier	
Organiser et sécuriser son intervention sur chantier en adoptant une attitude éco-responsable	
Contrôler la conformité des supports et des ouvrages	
Implanter les ouvrages sur chantier	
Lever et stabiliser les structures bois	
Installer les revêtements, les isolants et les accessoires	
Remplacer des éléments de charpente sur un ouvrage existant	
Contrôler la conformité de l'ouvrage mis en œuvre	
Communiquer avec les différents partenaires	

Sommaire :

1) But d'un escalier, terminologie
2) Différents types d'escaliers
3) Différentes formes d'escaliers
4) Choix des matériaux
5) Le calcul des escaliers
6) Moyens d'assemblage et de fixation, profilages
7) Epure et division des balustres
8) Le balancement et méthodes de traçage



Graphique des moyens d'accès en fonction de la pente

1) But d'un escalier

Le but d'un escalier est de franchir de façon graduelle (d'où l'ancien nom de "degré") une différence de niveau entre deux zones de circulation.

Le choix d'un escalier est fonction d'un grand nombre de facteurs :

La pente : fonction de la différence de hauteur "**h**" entre les deux zones et de la longueur "**L**" disponible pour franchir cette hauteur.

Le lieu : extérieur ou intérieur. Ce facteur déterminera les matériaux (béton, pierre, bois, acier), les traitements, en fonction des contraintes et de l'aspect recherché.

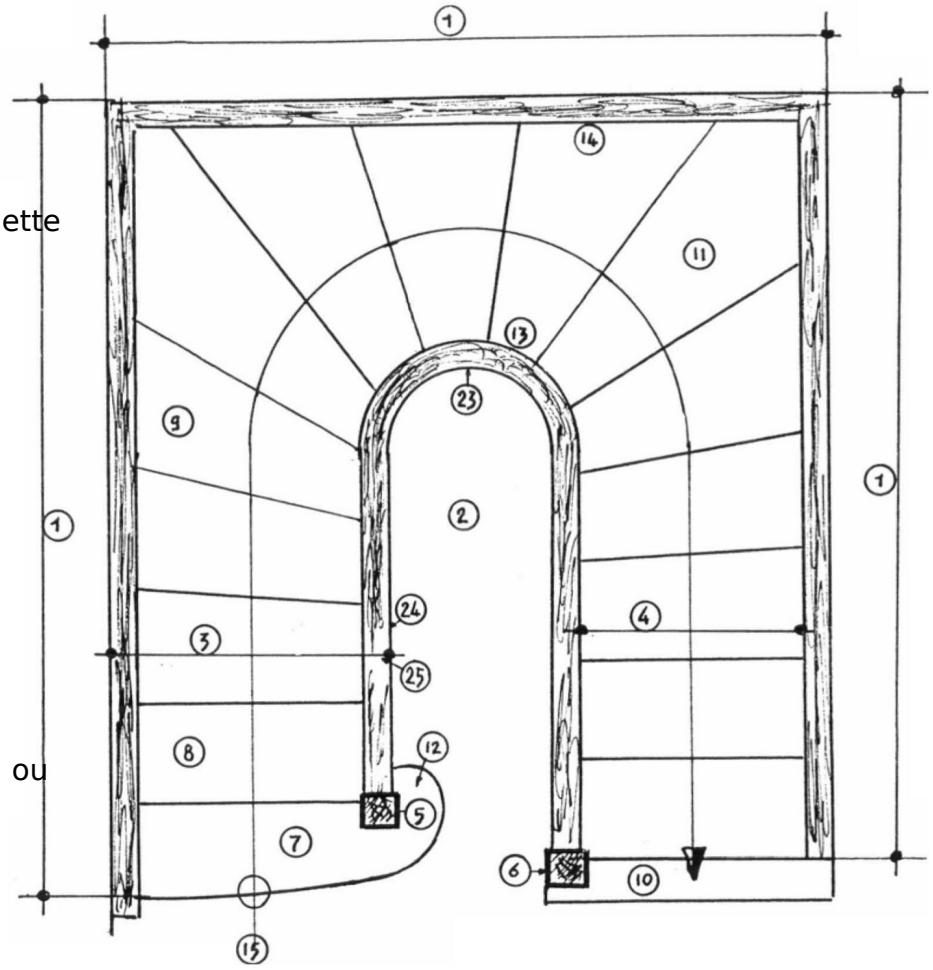
L'activité : Circulation (en ville entre deux rues, dans un jardin public, etc.),
Logement privé,
Bâtiment recevant du public (administration, cinéma, école, hôpital, magasin, etc.), atelier, commerce, stockage,
Industrie.
Chantier échafaudage.

Suivant le lieu et l'activité, certains textes législatifs imposent des contraintes spécifiques.

Architecture : le choix esthétique et le budget permettent de finaliser le projet d'escalier.

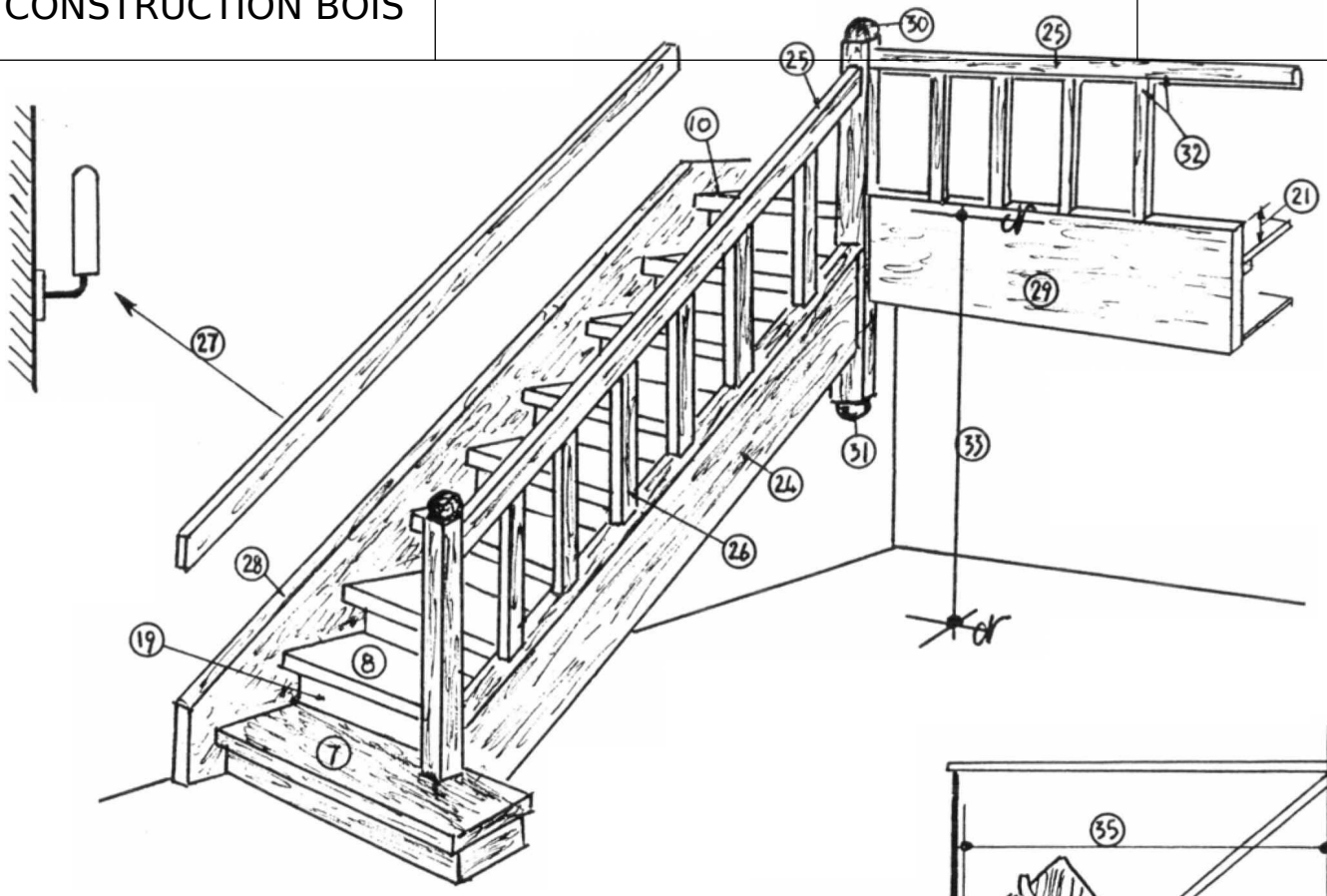
escalier

Dans ce cours, nous étudieront les escaliers en bois des logements privés (pavillon individuel ou regroupé), avec une extension pour les établissements recevant du public (les E.R.P.).



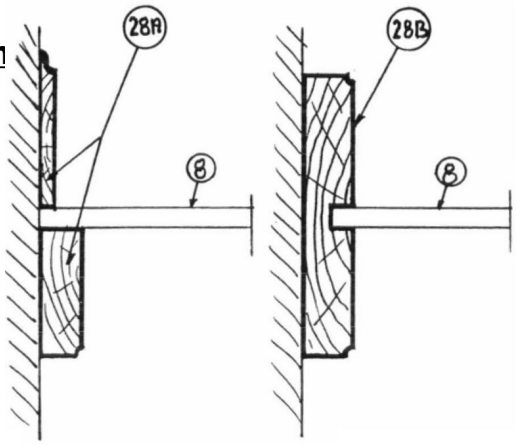
Terminologie :

1 - longueur et largeur de cage
2 - lumière ou jour de l'escalier
3 - largeur de l'escalier
4 - emmarchement
5 - poteaux de départ
6 - poteaux d'arrivée
7 - marche de départ
8 - marche droite
9 - marche balancée
10 - marche d'arrivée ou plaquette d'arrivée ou marche palière
11 - marche d'angle
12 - volute
13 - collet
14 - queue
15 - ligne de foulée
16 - giron ou foulée
17 - hauteur des marches
18 - nez de marche
19 - contremarche
20 - cochonnet
21 - socle ou cale-pied
22 - largeur du limon
23 - limon courbe (fil rampant) ou noyaux (fil du bois vertical)
24 - limon intérieur
25 - main courante
26 - balustres
27 - main courante murale
28 - crémaillère et plinthe A ou limon extérieur ou limon contremur B
29 - limon plate-bande ou bandeau
30 - tête de poteau
31 - cul de lampe ou culot
32 - garde-corps (main courante + balustre)
33 - hauteur à monter
34 - l'échappée
35 - longueur de trémie
36 – échiffre (ensemble limon, poteaux, Main Courante, balustres)
37 – volée (ensemble de marche droite)
38 - ...

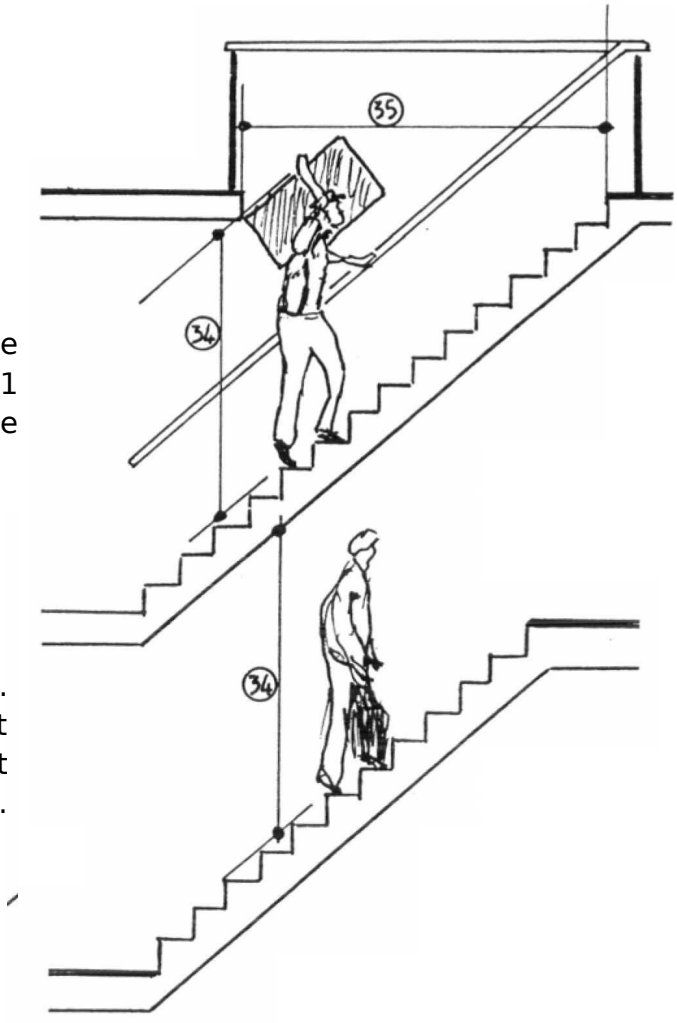


L'Éch

La norme NF P 21-211 indique que

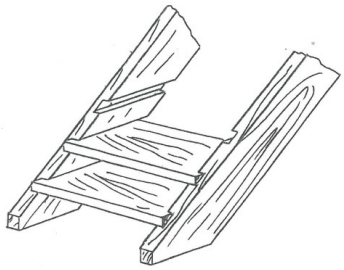


l'échappée doit être d'au moins **1,90 m**. Néanmoins, pour des raisons pratiques et esthétiques, la valeur de **2,10 m** est recommandée.



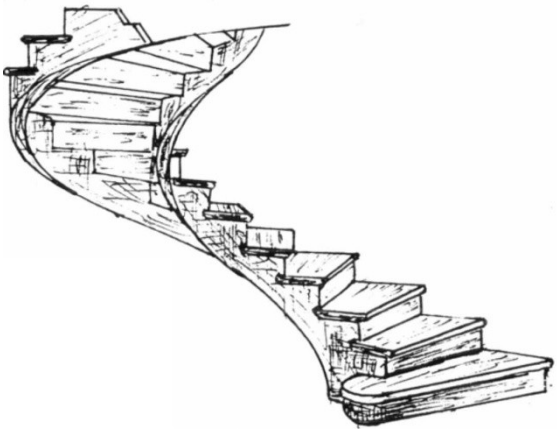
2) Différents types d'escaliers

- Escalier à marches enfilées :



- Escalier à l'Anglaise :

Les limons sont entaillés à crémaillère, pour recevoir les marches. Dans le cas de contre marches, celles-ci viennent en coupes d'onglet dans le limon-crémaillère.

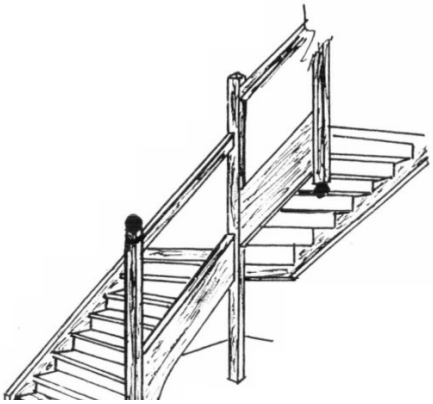


- Escalier à la Française :

Les marches (et contre marche si il y en a), viennent en entailles dans le ou les limons, de toutes leurs épaisseur, environ 1.5 cm à 2 cm de profondeur

- Escalier à limon central :

Le limon est entaillé au dessous des marches et peu aussi recevoir des contre marches.
Il est conçu de forte épaisseur ou en lamellé collé.



- Escalier à pas décalé (ou pas Japonais) :

Pour des utilisations peu fréquentes et des endroits étroits, cet escalier est conçu pour de forte pente.

3) Différentes formes d’escaliers

Il existe de très nombreuses formes d’escaliers déterminées par leurs emplois, leurs emplacements, leurs styles ou ils sont construits. Voici quelques exemples de formes les plus courantes.

Escalier droit à 1 volée

Escalier droit à 2 volées avec palier

Escalier quart tournant

Escalier ½ tournant

Escalier circulaire à limon central

Escalier circulaire à limon courbe

4) Choix des matériaux

Les essences de bois utilisées couramment;

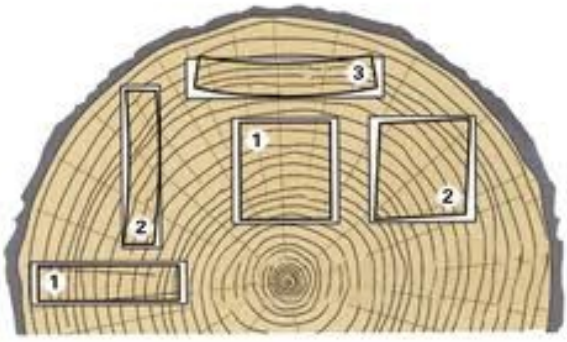
- Hêtre
- Frêne
- Chêne
- Pin Oregon
- Mélèze
- Sapin …

Bien sûr la liste n'est pas figée, suivant les moyens financiers, l'esthétique, l'utilisation ou les bois locaux.

On peut aussi créer des escaliers massif, lamellé-collé, ou mixe (bois/métal) …

Il faut toutefois avoir une bonne connaissance du matériau bois, car suivant les essences il faut jouer avec le taux d'humidité du bois, ses défauts, ses déformations, ses retraits, sa résistance mécanique, son aspect visuel…
C'est un ouvrage qui peut recevoir un produit de finition tel que : lasure, vernis, huilé, ciré …

Exemple de déformation :



Pour éviter la déformation ou le retrait du bois, on utilisera du bois sec, c'est-à-dire un taux d'humidité autour de 12% pour les escaliers intérieurs.

5) Le calcul des escaliers

Longueur moyenne du pas d'une personne marchant normalement sur un parcours horizontal.

Plus le parcours sera incliné, plus les pas deviendront courts. En même temps la hauteur gravie augmentera. Ainsi, l'organisme ne dépense pas plus d'énergie.

Dans cette partie du cours il est question du nombre, de la hauteur et la largeur des marches.

Nicolas-François Blondel a étudié cette relation et l'a précisée sous la forme suivante : 2 hauteurs de marches + 1 giron = 1 pas (ou une foulée). D'après lui, le pas que fait un homme de taille moyenne varie de 62 à 65 cm.
Depuis, cette relation a été modifiée pour tenir compte des contraintes de place de plus en plus sévères dans les logements et les locaux de production ainsi que des expériences qui ont été faites sur la dépense énergétique de l'organisme pendant la montée d'un escalier.
On en arrive à utiliser la formule suivante : 2 h + G = 58 à 65 cm avec des hauteurs comprises entre 16 et 21 cm (de 13 à 16 cm dans les cas du respect de la norme NFP 91.201). La hauteur de marche idéale étant de **18 cm**, le giron lui est compris entre 24 et 32 cm, l'idéal étant de **28 cm**.

Valeur du pas	Conséquence et destination
1 G + 2 h = 65 cm	**Pas longs** = grandes enjambées A choisir pour les faibles pentes Lieux publics Usines
1 G + 2 h = 62 à 60 cm	**Pas moyens** : enjambées normales d'un adulte. Valeur idéale à approcher le plus possible en conciliant les 3 facteurs de base: - hauteur d'étage - reculée disponible - échappée possible
G + 2 h = 58 cm	**Pas courts** - Marches hautes : Solution de compromis à réserver aux escaliers utilitaires et chaque fois que l'encombrement primera sur le confort. - Greniers - Caves

Exemple de calcul

Ce qu'il faut savoir pour le calcul de l'escalier :

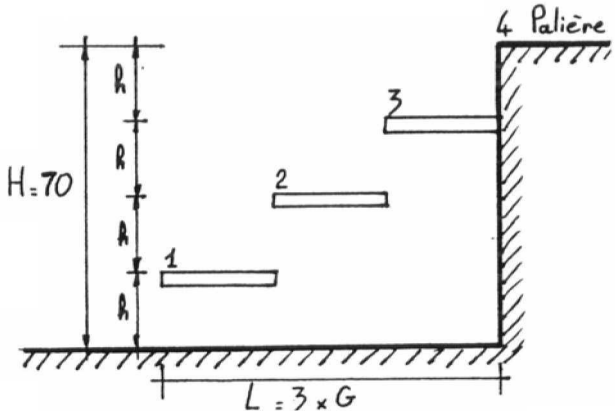
- La hauteur à monter (sol fini / sol fini)
- La hauteur moyenne d'une marche compris entre 16 et 22 cm
- La longueur moyenne du giron compris entre 23 et 28 cm
- Le nombre de giron = toujours 1 giron de moins que le nombre de hauteur de marche.
- La reculée
- La dimension de la trémie

On réservera les faibles hauteurs aux perrons et aux escaliers extérieurs des lieux publics (en pierre).

Les hauteurs au-dessus de 21 cm sont réservées aux échelles meunières de forte pente car il y a nécessité de supprimer la contremarche pour laisser un appui suffisant au pied.

Règle ; une volée ne peut pas dépasser 22 marches d'affilé sans palier.

Prenons une hauteur à monter de 0.70 m **sans autre impératif**.
Il faut d'abord partager la hauteur à monter, pour avoir le **nombre de hauteur de marche** et



la **hauteur de marche** :

Hauteur à monter / d'une marche moyenne — hauteur

Nous constatons que pour 4 hauteurs de marche il faudra 3 largeurs.

La 4ème marche correspond au niveau supérieur et sa largeur ne peut pas rentrer en ligne de compte.

70 cm : 19 cm = 3.68 cm arrondi à **4** hauteurs de marche

Donc je divise 70 : 4 = **17.5 cm** de hauteur de marche

Il y a donc **3** girons, que je multiplie par un giron moyen exemple **26 cm**

3 x 26 = **78 cm** **de reculée.**

Il ne reste plus qu'à vérifier l'échappée.

Remarque : il est très rare que dans la pratique on ait à construire un escalier sans autre impératif que la hauteur à monter.

6) Moyens d'assemblage et de fixation, profilages

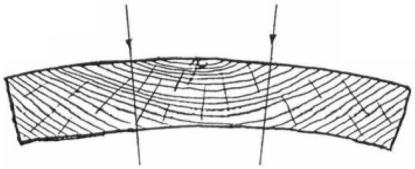
a) Recomposition des sections :

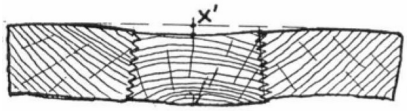
On ne trouve pas systématiquement les sections de bois nécessaire à la réalisation d'un escalier:

Pour un escalier droit, on peut avoir du mal à trouver un limon de plus de 4 m.
Pour un escalier balancé, c'est plutôt dans les marches que le problème se pose avec des largeurs à la queue supérieures à 50 cm pour un emmarchement de 90 cm.

Mais au-delà de la géométrie de l'escalier, c'est aussi du travail du bois, des économies possibles dont il faut parler.

délignage supplémentaire recollage après retournement





Ainsi, les fibres en oppositions permettent de réduire les déformations futures et permettent une économie de matière sur l'épaisseur.

En ce qui concerne les types d'assemblages, on dispose **des solutions suivantes** :

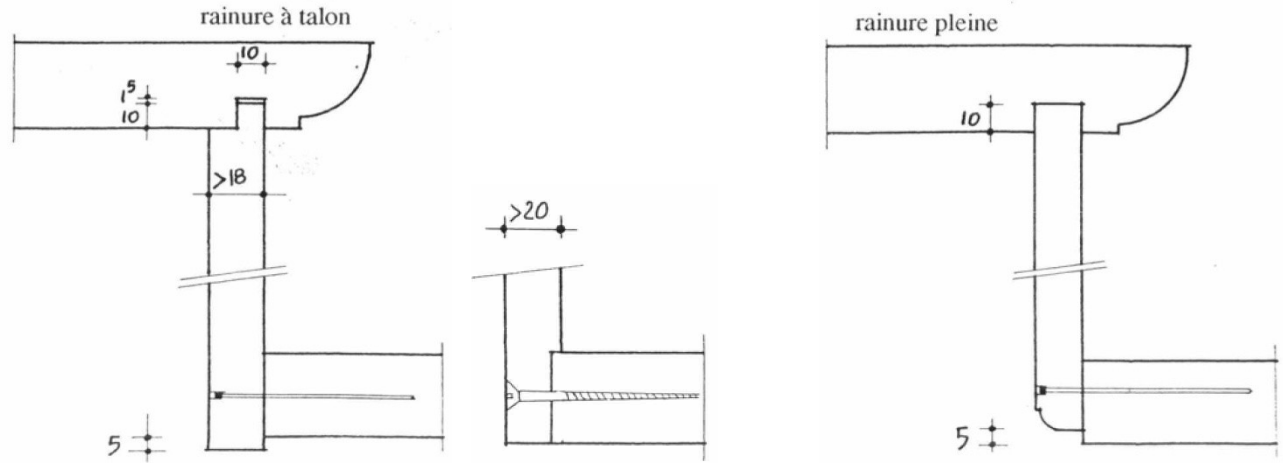
types	avantages	inconvénients
à plat joint	**- très rapide - convient à de faibles épaisseurs (moins de 25 mm) - économie de matière**	**- fragile - nécessite une bonne colle - difficulté d'affleurement des parements**
rainure et languette	**- solide - discret - facile à réaliser et à coller**	**- perte de bois (rainure 8 à 12 mm) - temps d'exécution (2 molettes)**
rainure et fausse languette	**- rapide - pour les sections épaisses (limon) on peut doubler les rainures - permet d'utiliser des chutes de matériaux (bois ou contreplaqué)**	**- demande la préparation des languettes - encollage plus long et plus délicat**

	- économie de matière	
Bouvetage en dent de scie	**- rapide** **- très solide** **- outil universel pour toute épaisseur (jusqu'à 120 mm)** **- encollage très facile**	**- perte de 2 à 3 mm de bois** **- après rabotage, peut laisser apparaître un joint creux** **- demande un pointage supplémentaire pour le 2ème chant**

b) *Les marches et contremarches*

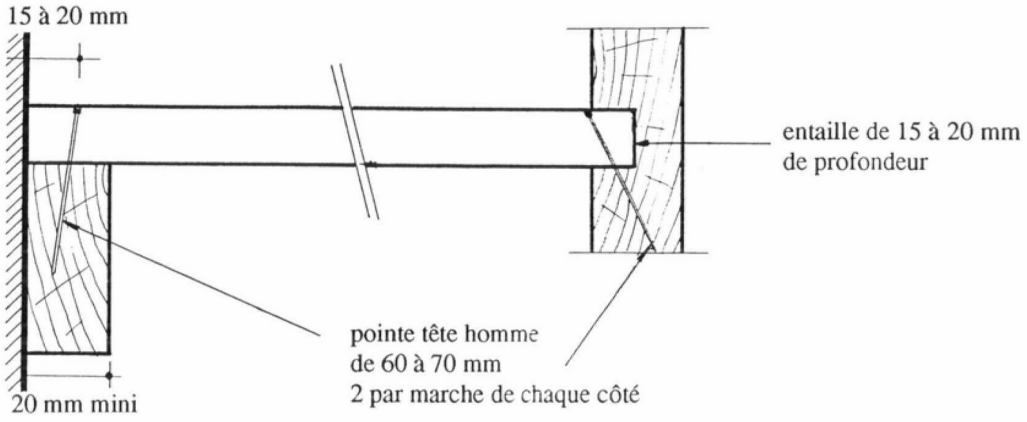
- Les critères à réunir pour l'assemblage des marches et des contremarches entre elles sont :
- Rapidité d'exécution, facilité de montage, solidité, aspect, éviter le grincement.
Les plus courants sont :

- **Pour le haut :**



- **Pour le bas** : la fixation de la contremarche dans la marche s'exécute soit avec des pointes tête homme de 50 (de 3 à 5 dont 1 à l'axe de l'escalier), soit avec des vis type VBA de 3 [5] x 40 ou 4 x 40.
Il n'y a pas de fixation par-dessus la marche, dans la contremarche.

Marches et contremarches dans un limon à la française et sur crémaillère

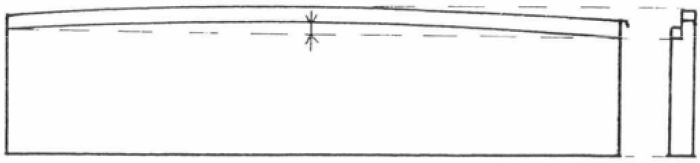


Les têtes sont chassées au chasse-pointe, le trou est rebouché au mastic à bois ou à la cire colorée. La plinthe ou le stylobate peuvent cacher les pointes côté mur.

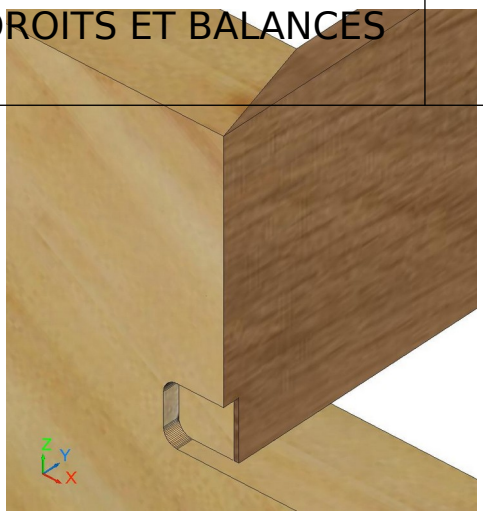
Le grincement des escaliers.
Plusieurs solutions sont utilisées pour éviter aux escaliers de grincer.

* La première est d'avoir un bois dont l'hygrométrie est stabilisé d'après celle du local dans lequel l'escalier est prévu, c'est à dire en moyenne 14 à 15 %. En usinant un bois à 12 % d'humidité, on met beaucoup d'atout de son côté. Orienter les marches avec le cœur au-dessus.

* La deuxième est le cintrage des contremarches.
La contremarche est usinée du côté haut (languette), avec un raide de 3 mm (pour un escalier de 80 ou 90 cm d'emmarchement) voir jusqu'à 5 mm (pour un escalier de 100 à 120 cm d'emmarchement). Le montage sera plus difficile mais c'est une méthode très efficace.



Les contremarches sur les limons à l'Anglaise:

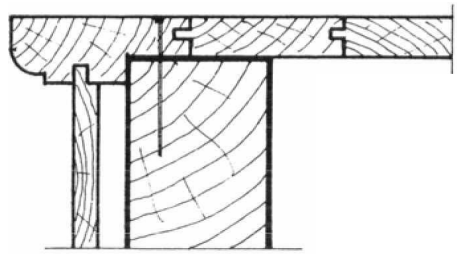


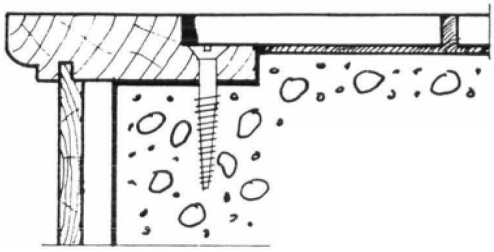
Il n'y a qu'une solution esthétiquement acceptable: La fausse coupe (ou demi onglet si l'épaisseur de la contremarche est égale à la demie épaisseur du limon).

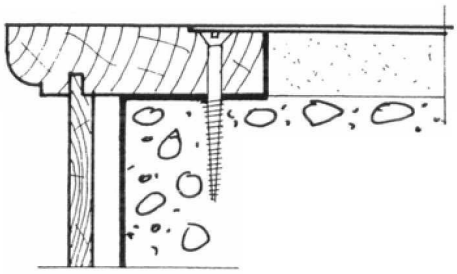
Les particularités d'assemblage d'un escalier à l'anglaise font que les rainures de la marche (pour la contremarche et éventuellement pour le limon) ne sont pas débouchantes. Par conséquent, l'usinage en est un peu plus long.

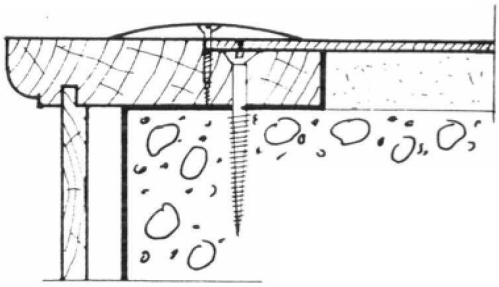
Marche d'arrivée ou plaquette d'arrivée :

Son nez est profilé à l'identique des autres marches mais la largeur de cette marche est réduite à une dimension comprise entre 7 et 15 cm suivant les revêtements et l'aspect recherché. Le dessous de cette plaquette permettra aussi bien le raccordement avec la contremarche qu'avec le sol ou la structure de l'arrivée.
La plaquette est solidement fixée sur le sol de l'arrivée mais aussi dans le poteau d'arrivée (2 têtes homme de 70) et dans la crémaillère ou le faux-limon (ou le double limon).

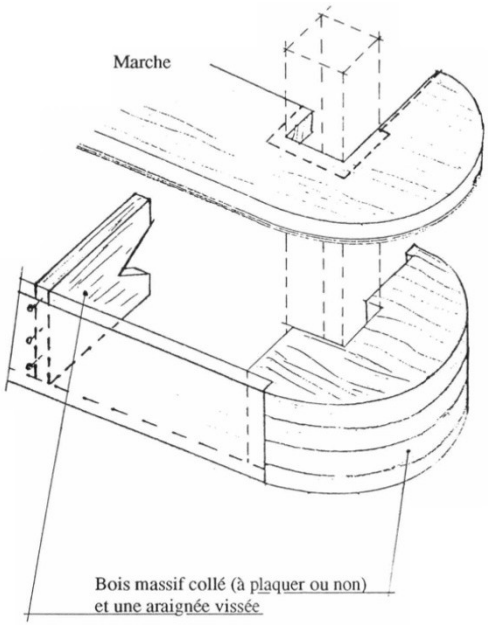


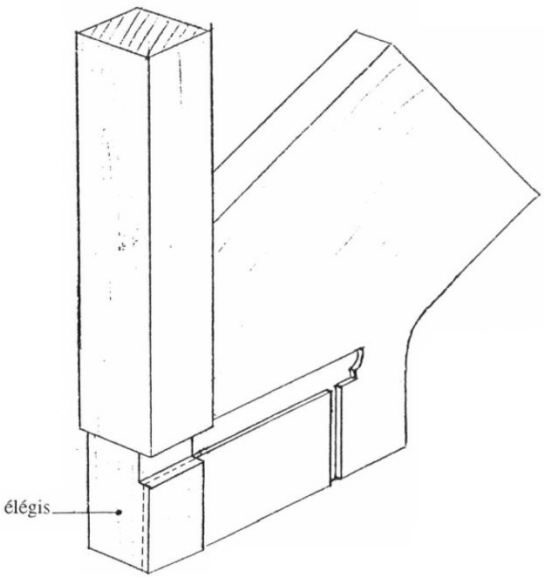






Marche de départ :



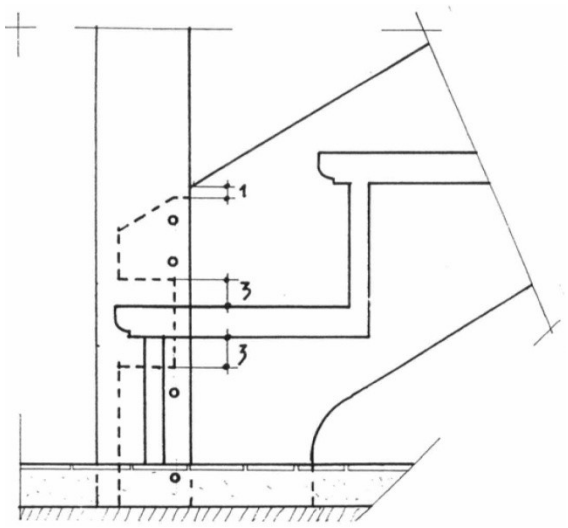


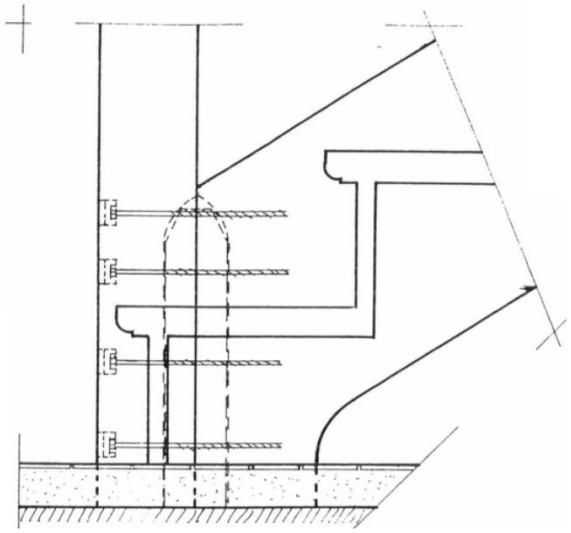
Assemblage des poteaux, limons, mains-courantes et balustres (Échiffre)

Assemblage poteaux-limons au départ :

C'est un assemblage extrêmement sollicité donc difficile à réaliser. Le tenon de 15 à 20 mm

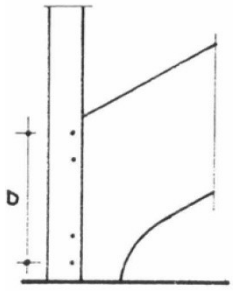
d'épaisseur devra faire la hauteur totale du limon pour une profondeur égale au moins aux 2/3 de la section du poteau ou mieux aux 3/4. Il est possible d'encastrer en plein, sur 5 mm, la section du limon dans le poteau, pour dissimuler un éventuel défaut d'exécution de l'arasement.

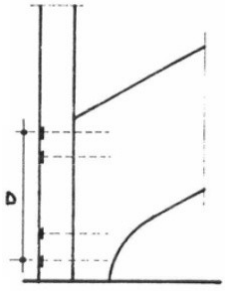




Pour ne pas affaiblir le poteau au droit de l'entaille de la 1ère ou 2ème marche (suivant le cas), le tenon est réduit à 1 cm de profondeur sur une longueur allant de 3 cm de part et d'autre de l'entaille de la marche. Le nombre de chevilles, de 10 à 15 mm de diamètre, en bois dur, sera fonction de la longueur du tenon. Si possible en disposer 3 ou 4.
Le tenon sera épaulé sur une longueur de 5 à 10 mm pour que le retrait du bois ne fasse pas apparaître la mortaise.
Le chevillage à tire est nécessaire dans ce type d'assemblage. Cela consiste à décaler vers l'arasement le trou de la cheville dans le tenon, afin de provoquer un effort de serrage de l'arasement sur le poteau.

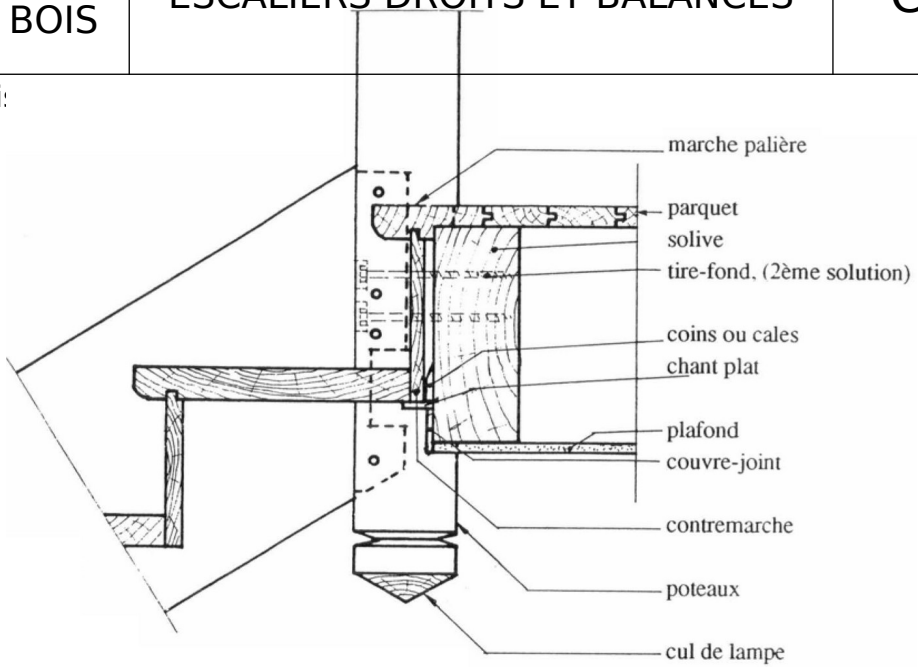
D'autres options sont possibles comme remplacer les tire-fond par des tiges filetées (plus sûr à long terme) et la fausse languette par une languette.



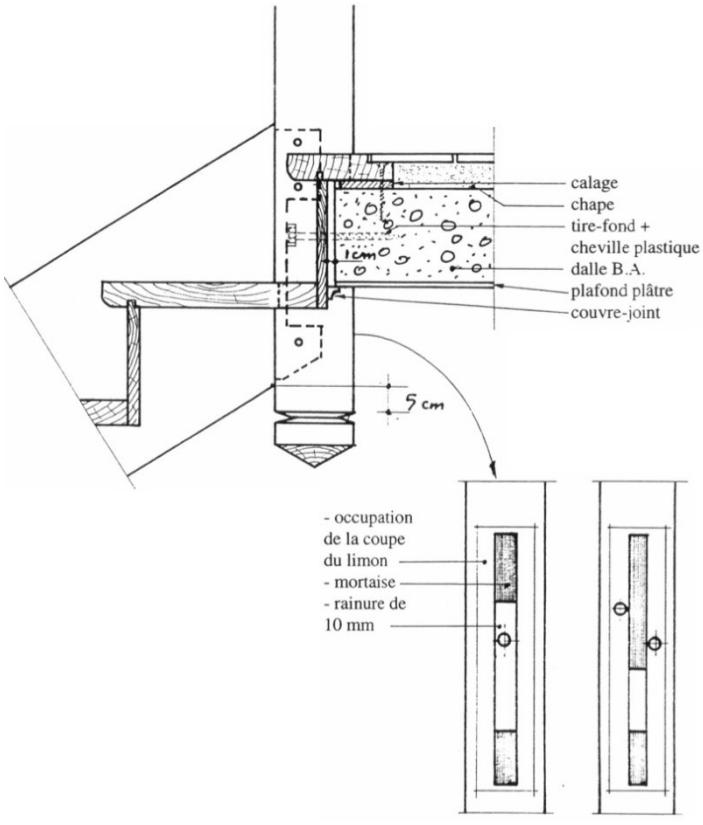


Assemblage poteau-limon à l'arrivée :

* Sur plancher boi



* Sur plancher béton

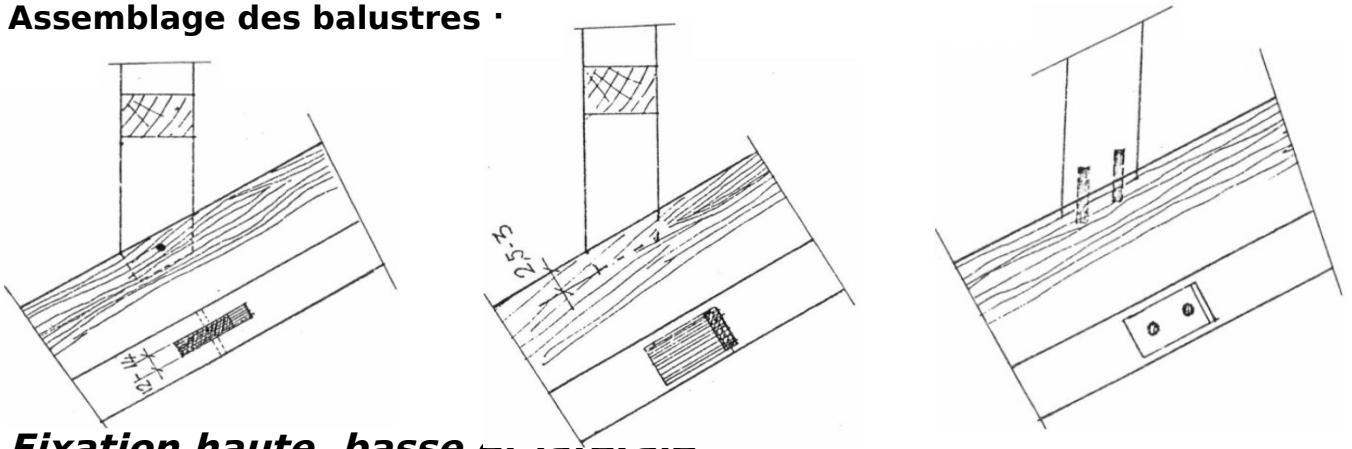


Vues de face de l'assemblage : on peut voir les différentes positions du ou des tire-fond, suivant si on a besoin d'un tenon long ou non (comme ci-dessus).

Assemblage poteaux et main-courante :

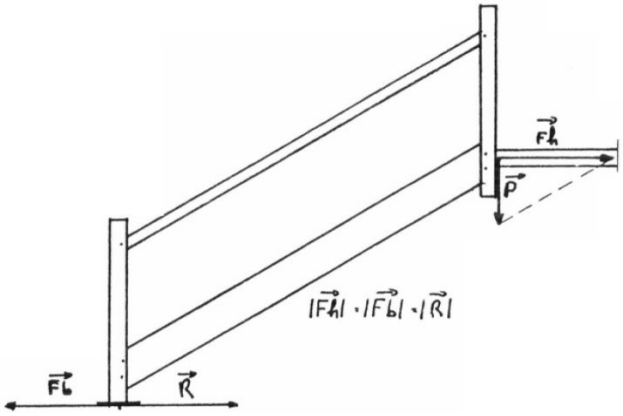
A l'identique des limons, c'est-à-dire tenon épaulé et mortaise ou tire-fond, et on encastre parfois de 5 mm le profil entier de la main-courante, pour éviter un défaut d'arasement.

Assemblage des balustres ·

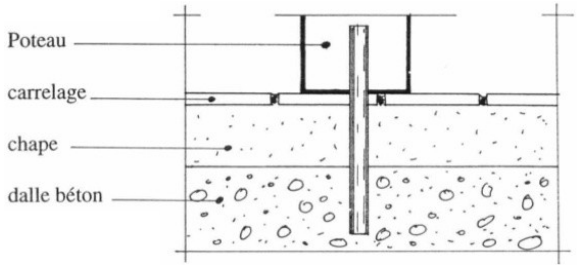


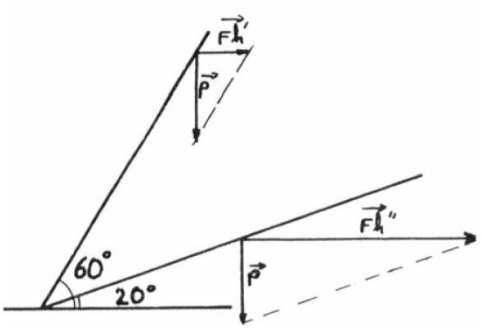
Fixation haute, basse et latérale

- **La fixation haute** se fait à partir du poteau d'arrivée. L'entaille à effectuer peut être comprise entre 1 cm et 3 cm suivant le matériau constitutif du plancher, la saillie du poteau requise pour disposer un retour de balustrade et la section du poteau (voir page 13).
Cette fixation est peu sollicitée par l'escalier, par contre elle est précieuse au moment du levage.



Fixation basse :

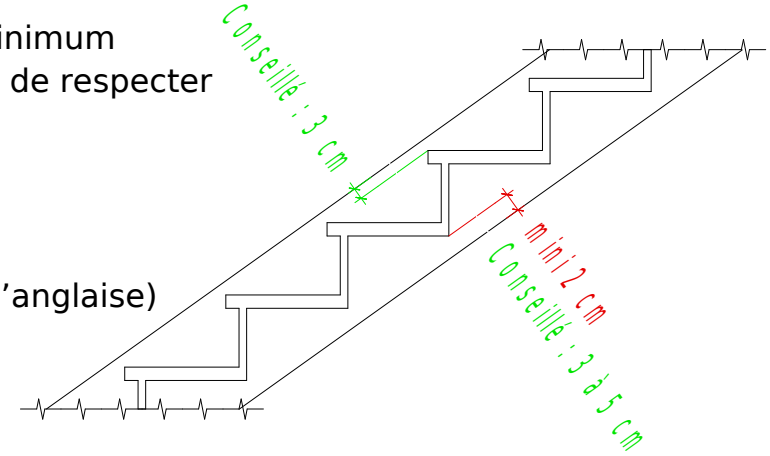



$\vec{F_1'}$
$\vec{P}$
$\vec{F_1''}$
60°
20°
$\vec{P}$

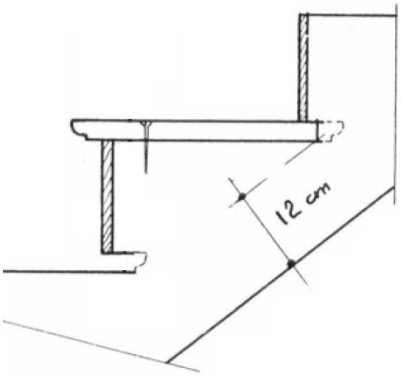
Valeur minimum du cochonnet et fixations latérales:

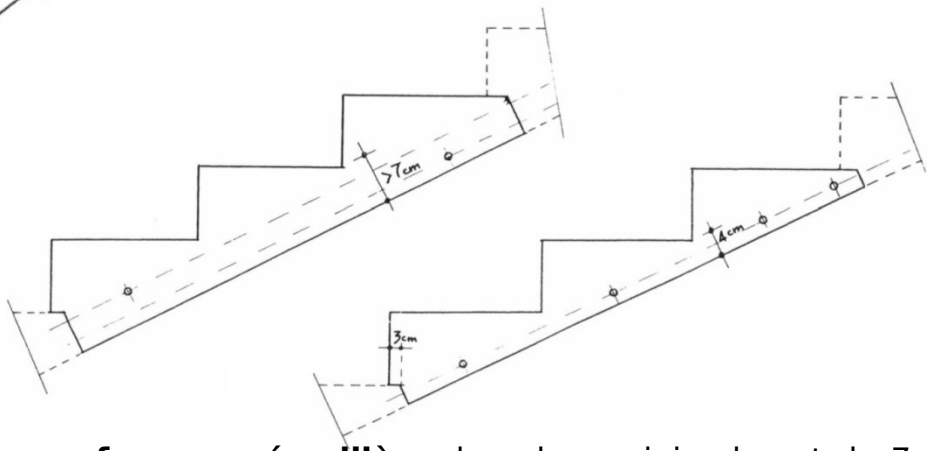
Pour un **escalier à la française**, les marches et contremarches portent sur un limon à la française côté jour et sur un faux-limon côté mur. Pour un **escalier à l'anglaise**, elles portent sur un limon à l'anglaise (appelé aussi crémaillère) côté jour et, côté mur, sur un faux-limon à l'anglaise (appelé aussi fausse-crémaillère) avec ou non une plinthe « stylobate ». Suivant la section adoptée et en respect du DTU 31.1, le cochonnet (valeur minimale entre le point le plus profond des entailles et la face inférieur du limon) doit avoir une valeur minimum.

Pour un limon, elle doit être au minimum de 2 cm. Cependant, il est conseillé de respecter une valeur de 3 à 5 cm.



Pour une crémaillère (escalier à l'anglaise) la valeur minimum est de 12 cm.



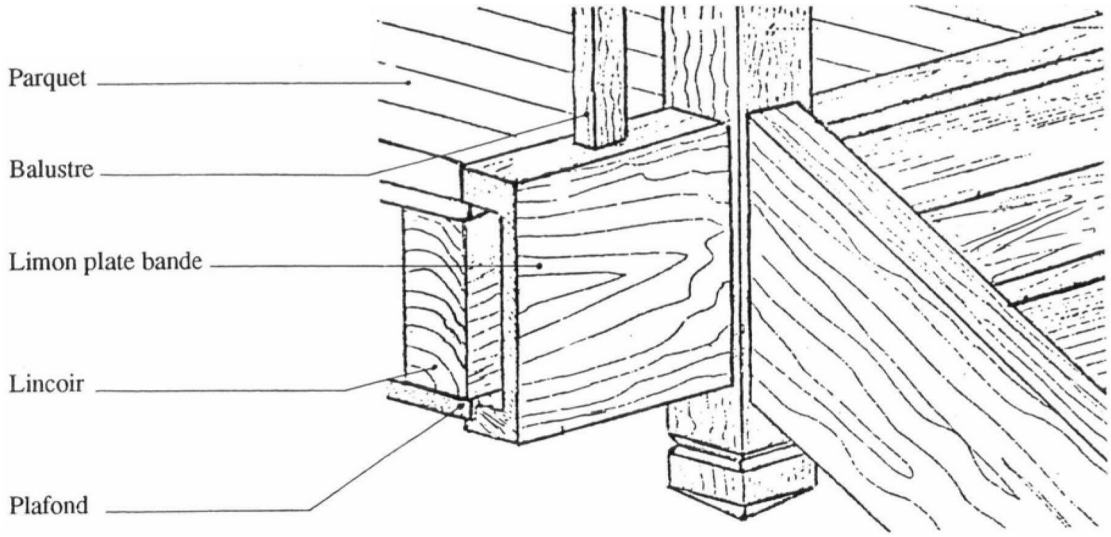


Pour un **faux-limon** ou une **fausse crémaillère**, la valeur minimale est de 7 cm si les points de fixations sont placés environ tous les mètres. Cette valeur peut être réduite à 4 cm si les points de fixations sont placés sous chaque marche.

Dans le cas d'une crémaillère en plusieurs morceaux, un repos de 3 cm au moins sera réalisé dans l'alignement d'un dessous de marche. Dans ce cas, une fixation sera posée près du joint, du côté porteur.

L'habillage de l'épaisseur du plancher :

Dans tous les cas de type de plancher : bois ou béton armé, il est possible d'habiller la tranche du plancher sur lequel vient s'appuyer l'escalier.



Les paliers de repos :

- Ce sera une poutraison, apparente ou plafonnée, allant de mur à mur, et recouverte d'un plancher. Un rang d'étrésillons rigidifie le tout.

Cette plate-forme sert d'arrivée et de départ aux deux volées de marches et la solive de bord supporte de gros efforts, sa vérification par le calcul peut être nécessaire.

Ces genres de paliers devraient normalement être calculés suivant NFP 06-001 ; c'est à dire de 250 à 500 kg/m².

- les paliers peuvent être utilisés pour plusieurs raisons :

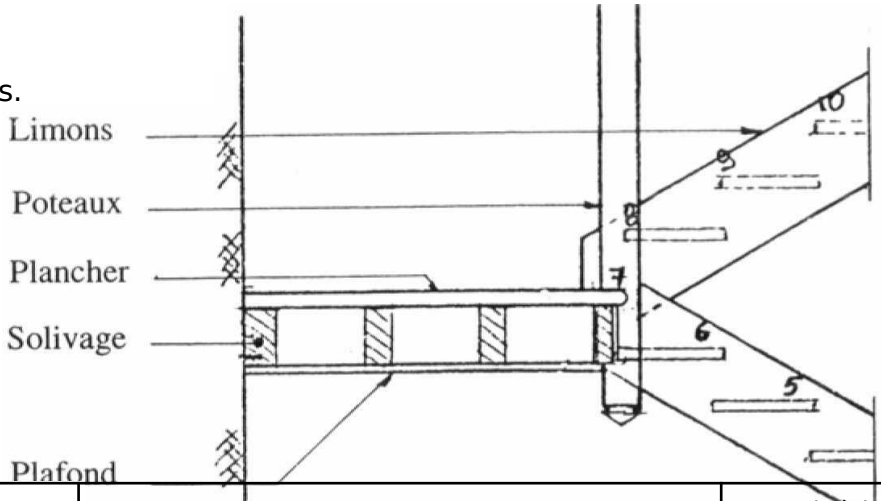
A desservir un étage ou des pièces à des niveaux intermédiaires.

A couper une volée de marche, car le nombre de marche d'affilé ne doit pas dépasser 21.

A évité de taillé un escalier avec des marches balancées.

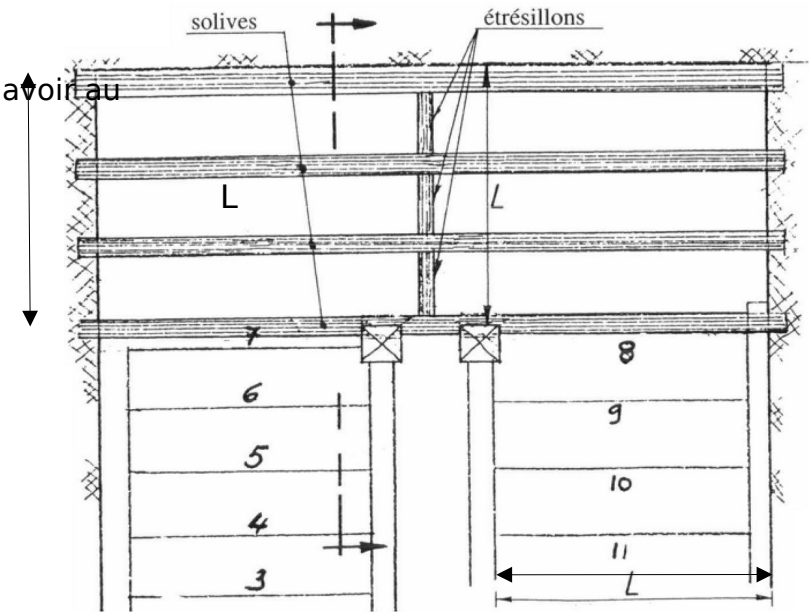
COUPE SUR LE PALIER.

arrivée et départ des limons.



PLAN DE SOLIVAGE.

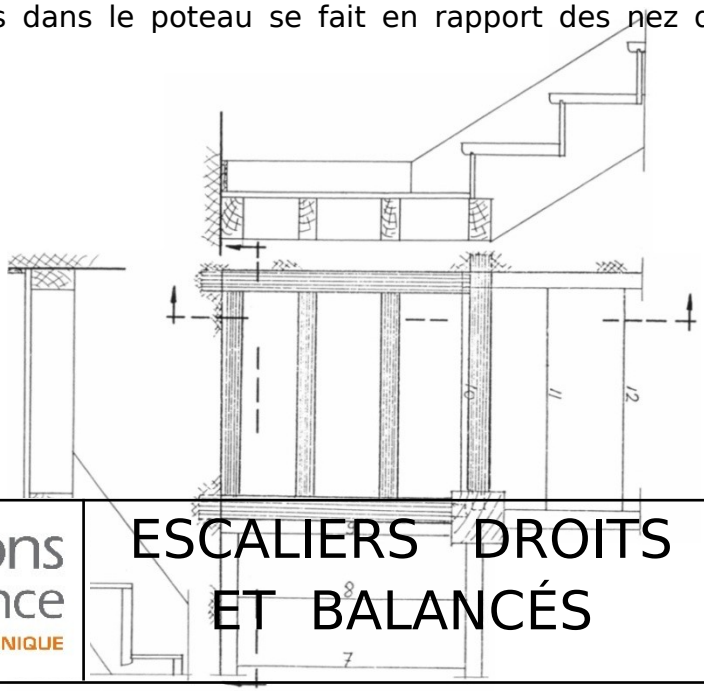
solivage de mur à mur (le palier doit avoir au minimum la largeur de l'escalier)



Paliers de virages :

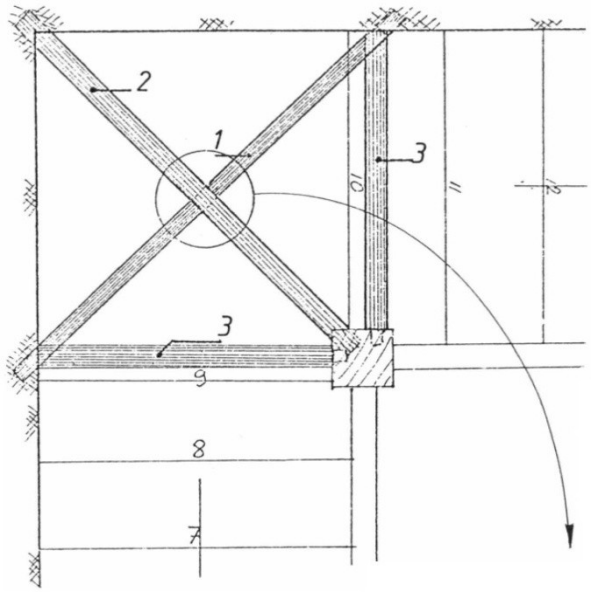
Le palier de virage se trouve dans les escaliers quartiers tournants c'est-à-dire dans la région du changement de direction quand la place disponible permet d'éviter les marches balancées. On le trouve en général aux environs du milieu de l'escalier, mais aussi au départ après une ou deux marches. L'avantage du palier de virage est le fait de pouvoir faire des volées de marches sur limons rectilignes.

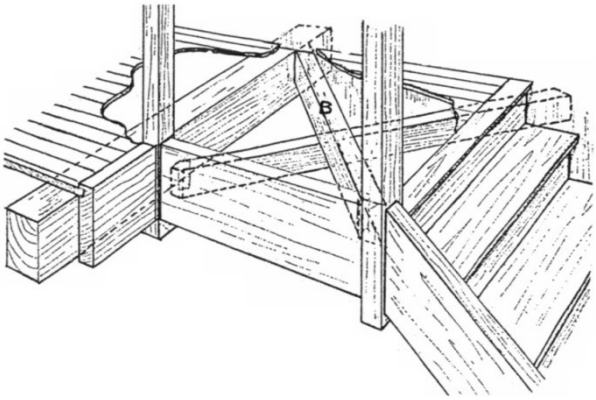
Réalisation simple avec le poteau qui descend jusqu'au sol. Le petit solivage assemblé dans le poteau permet de poser un parquet de 22 mm ou un panneau suivant les cas. Le positionnement des solives dans le poteau se fait en rapport des nez de marches et des contremarches.



Le palier à bascule.

5

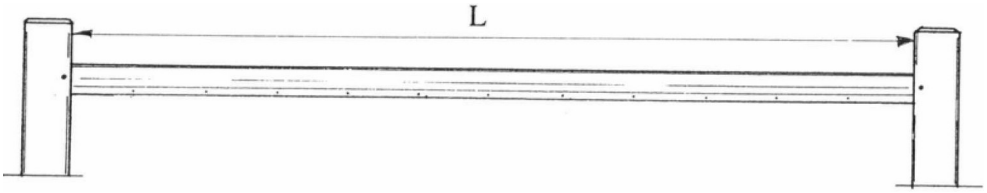




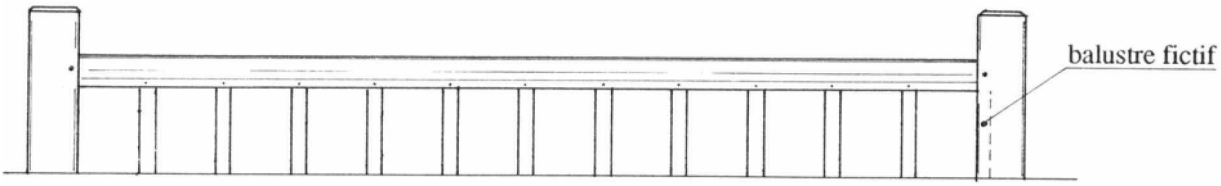
Palier de desserte

7) Epure et division des balustres

La division des balustres : Que la balustrade soit rampante ou de niveau, la méthode est la même.
- On mesure la distance horizontale "L" (ici 175 cm) entre deux poteaux et on lui rajoute la largeur "l" d'un balustre.



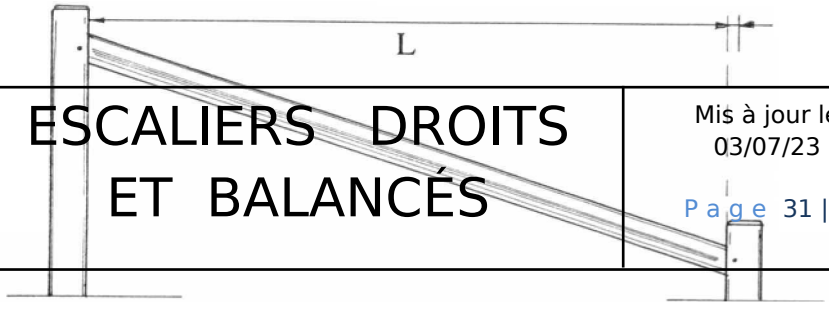
- Un entraxe de balustre est égal au maximum à un vide de 11 cm (voir NFP 01.012) auquel se rajoute la largeur "l".
Exemple : un balustre de 4 cm sera posé à un entraxe inférieur ou égal à 11 + 4 = 15 cm pour rester en conformité avec la norme.
- Pour trouver le nombre d'intervalles de balustres, on divise la longueur "L + l" par l'entraxe soit 175 + 4 = 179 cm par 11 + 4 = 15 cm, ce qui donne 11,93 intervalles.
- Comme le nombre d'intervalles ne peut être qu'un nombre entier, il faut arrondir ce chiffre soit à 11, soit à 12. Si on arrondi à 11 cela va donner un entraxe de 179 / 11 = 16,27 cm, donc un vide de 16,27 - 4 = 11,27, ce qui dépasse les chiffres de la norme. Par conséquent, on arrondi toujours au chiffre supérieur pour obtenir un vide entre balustre légèrement inférieur à 11 cm.



12 intervalles - 11 balustres

- Le nombre de balustres est égal au nombre d'intervalles moins 1, car le dernier balustre est "fictif" et n'a servi qu'à avoir une division correcte. Ce balustre est en fait confondu avec 1 poteau, ou le mur.

- Pour une balustrade rampante la mesure de "L" est faite comme ceci.



8) Le balancement et méthodes de traçage

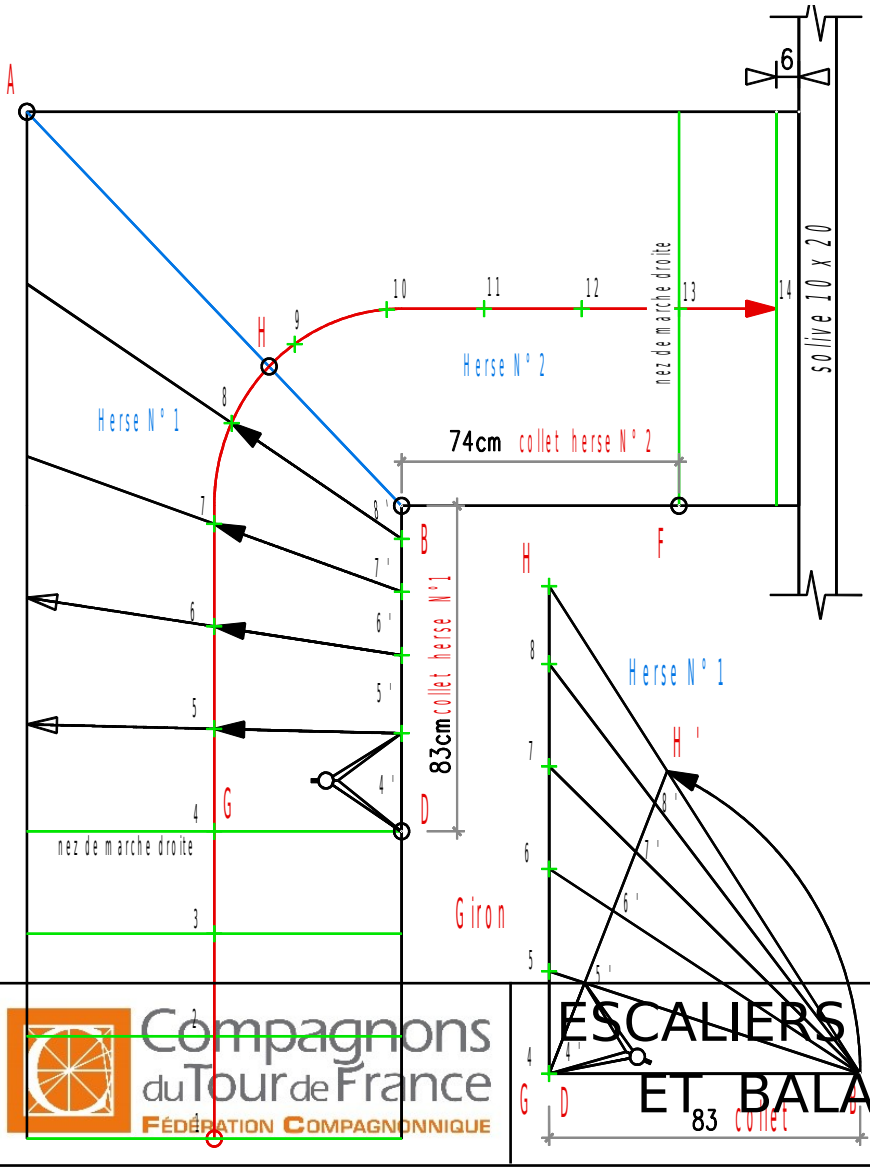
Le balancement a pour but de réduire proportionnellement le collet des marches tout en gardant la même largeur de giron. Les spécialistes balancent souvent à l'œil, mais cela demande une grande habitude.

Il n'y a pas de règle pour déterminer le nombre de marche à balancer. Pour des raisons de courbe de limon il est raisonnable de balancé au minimum 7 à 8 marches dans un escalier ¼ tournant.

Il existe de nombreuses **méthodes de traçage** du balancement des marches. Nous n'en examinerons qu'une parmi les plus pratiques :

<u>La méthode de la Herse ou balancement proportionnel</u>

- Choisir sur la vue en plan les marches à balancés : exemple de la marche n°4 à n°13.



- Couper par une bissectrice A-B, l'emmarchement, pour séparer la vue en plan en deux herses.

Herse N° 1

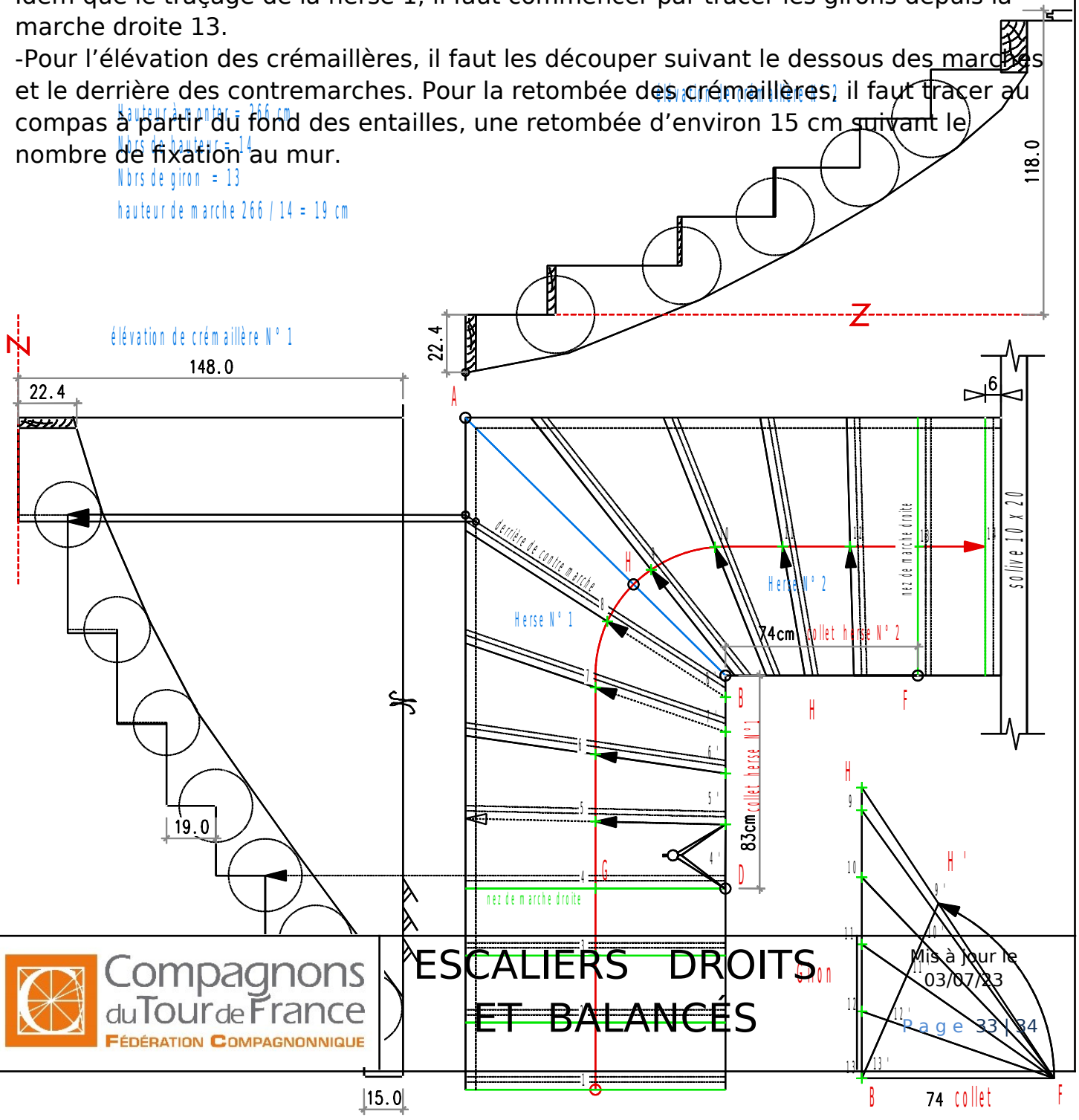
<u>Traçage de la Herse **N° 1**</u> :

- Sur une verticale G-H, nous rapporterons les longueurs de giron ainsi que la dernière distance (giron de 8 à H), pris sur la vue en plan.
- Du point G de cette verticale nous tracerons une horizontale D-B. nous relions H-B, par une diagonale et chaque giron sur la verticale, sera reliée au point B.

- La longueur D-B (collet) est celle à diviser, nous la reportons par un coup de compas de D à B, jusqu'à la diagonale H-B.
- A l'intersection de cet arc de cercle et de la diagonale (H'), nous tracerons une droite au point G.
- La division du giron sur cette droite sera celle à reporter sur le limon vue en plan. (4', 5', 6', 7', 8').
- Sur la vue en plan, rejoindre les points du collet avec les girons et les prolonger pour représenter les nez de marche.

Elévation des crémaillères et Traçage de la **herse N° 2** :

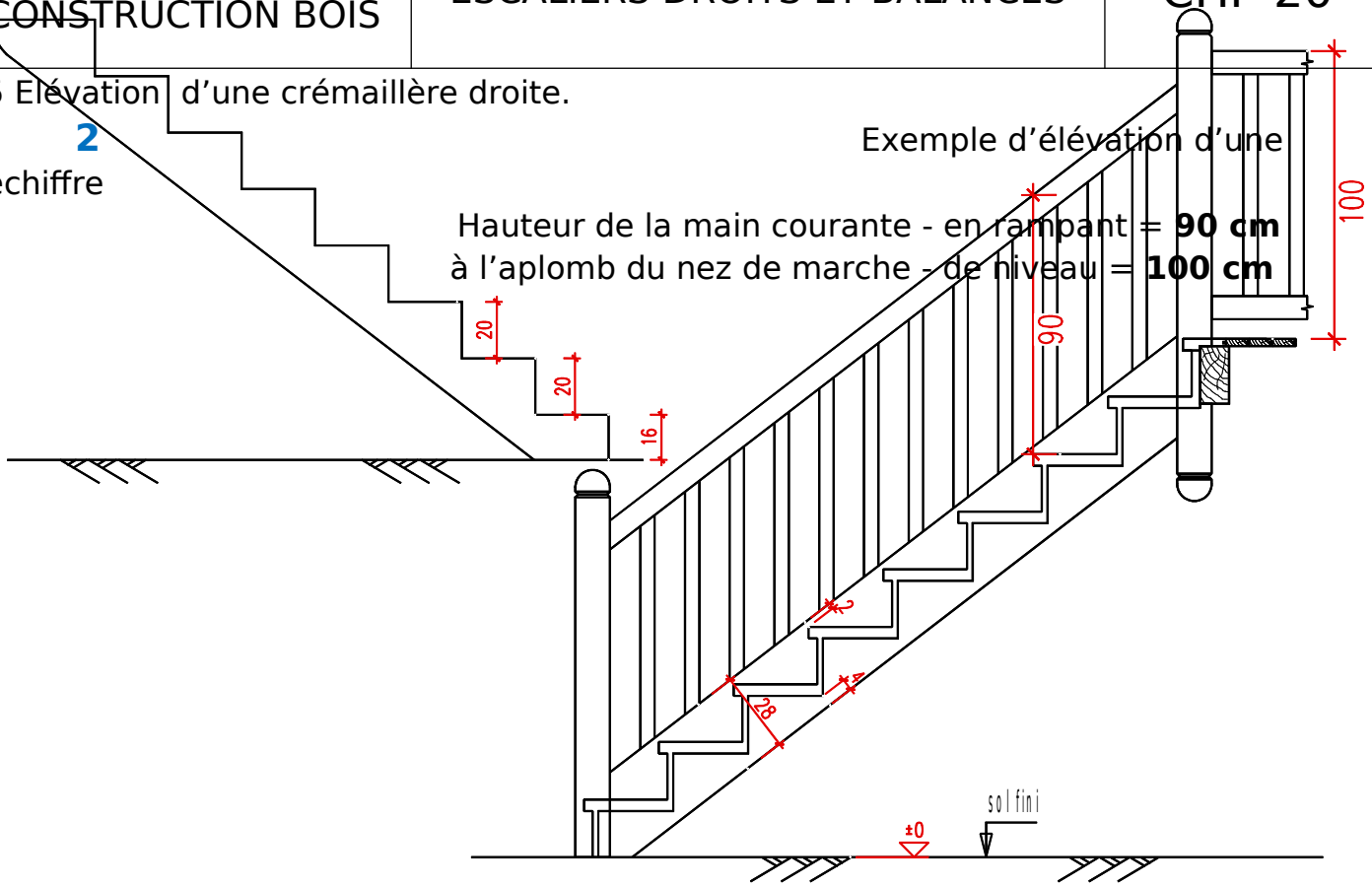
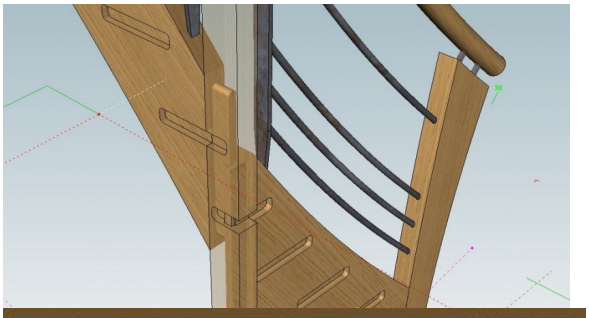
Idem que le traçage de la herse 1, il faut commencer par tracer les girons depuis la marche droite 13.
-Pour l'élévation des crémaillères, il faut les découper suivant le dessous des marches et le derrière des contremarches. Pour la retombée des crémaillères, il faut tracer au compas à partir du fond des entailles, une retombée d'environ 15 cm suivant le nombre de fixation au mur.



5 Elévation d’une crémaillère droite.

2

échiffre

Exemple d’élévation d’une

Hauteur de la main courante - en rampant = **90 cm**
à l’aplomb du nez de marche - de niveau = **100 cm**